



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería Industrial

Unidad de Posgrado

**Uso de una red de sensores inalámbricos con hardware  
y software libre que monitoriza variables ambientales  
en un campo agrícola**

**TESIS**

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ingeniería  
Industrial

**AUTOR**

Dora CAMA PINTO

**ASESOR**

Dr. Orestes CACHAY BOZA

Lima, Perú

2016

## Referencia bibliográfica

---

Cama, D. (2016). *Uso de una red de sensores inalámbricos con hardware y software libre que monitoriza variables ambientales en un campo agrícola*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---



UNIVERSIDAD NACIONAL  
MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 01-UPG-FII-2016

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO  
DE MAGISTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

En la ciudad de Lima, del día veintinueve del mes de febrero de dos mil dieciséis, siendo las quince horas, en acto público se instaló el Jurado Examinador para la Sustentación de la Tesis intitulada: "USO DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS CON HARDWARE Y SOFTWARE LIBRE QUE MONITORIZA VARIABLES AMBIENTALES EN UN CAMPO AGRÍCOLA", para optar el Grado Académico de Magister en Ingeniería Industrial.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas del Jurado Examinador se procedió a la calificación individual y secreta, habiendo sido *aprobada* con la calificación de *buena (16)*

El Jurado recomienda que la Facultad acuerde el otorgamiento del Grado Académico de Magister en Ingeniería Industrial, a la **Bach. DORA CAMA PINTO**.

En señal de conformidad, siendo las *16:40* horas se suscribe la presente acta en cuatro ejemplares, dándose por concluido el acto.

Dr. EULOGIO GUILLERMO SANCHEZ DE LA CRUZ  
*Presidente*

Dra. LAÍLI MARÍA LAULUYO  
*Miembro*

Dr. ADOLFO OSWALDO ACEVEDO BORREGO  
*Miembro*

Mg. JORGE JOSÉ ESPONDA VÉLIZ  
*Miembro*

Dr. ORESTES CACHAY BOZA  
*Asesor*

## **RESUMEN**

Este proyecto de tesis está orientado a ayudar a los agricultores que trabajan bajo el sistema de agricultura tradicional, para que adopten una propuesta tecnológica que les permita aumentar los rendimientos de la producción y disminución de sus costos en los campos de cultivo, mediante la automatización de la monitorización ambiental haciendo frente a los cambios climatológicos. Para ello se emplea un sistema de red de sensores inalámbricos (WSN, por sus siglas en inglés), que son pequeños dispositivos denominadas “motas” o nodos para capturar y registrar la información relacionadas a los niveles de humedad, radiación solar, radiación fotosintéticamente activa y temperatura del medio ambiente en determinados periodos de tiempo en forma continua y precisa para que el usuario final (campesinos, empresarios del agro, ingenieros agrónomos, etc.) de acuerdo a sus conocimientos puedan dar respuesta adecuada a sus cultivos respecto de lo que se está registrando en el medio ambiente.

Además, de acuerdo a la propuesta escrita en el presente documento, la WSN que se ha diseñado y puesto en funcionamiento en las pruebas de campo durante diez días tiene la capacidad de auto restauración; esto quiere decir que si se avería un nodo, la red encontrará nuevas vías para encaminar los paquetes de datos que llevan la información a través de su protocolo de encaminamiento dinámico. También se emplea software libre para las aplicaciones de los dispositivos, con la finalidad de reducir los costos y se ofrece un sistema estable, sencillo y con una plataforma web amigable para la visualización y el entendimiento rápido de los valores recolectados por medio de tablas y gráficas.

**Palabras clave:** Redes de sensores inalámbricos, WSN, agricultura de precisión, 6LoWPAN, Internet de las cosas, IoT.

## **ABSTRACT**

The target of this thesis project is to help farmers who working under the system of traditional agriculture to adopt a technological proposal that allows them to increase production on their croplands and decrease costs through automating environmental monitoring. To this end, a system of wireless sensor network, composed of small devices called "motes" or nodes, collects and register information, in our case, related to the levels of relative humidity, environmental temperature, total solar and photosynthetically active radiation, used continuously and in a particular interval of time, to show to the end user (farmers, agricultural entrepreneurs, agronomists, etc.) in a precise way what is happening in the environment of their crops, in order they can have adequate response according to their knowledge.

Furthermore, according to the proposal herein, the WSN has worked in field tests for ten days, and has the ability to find automatically the routes of its packets that carry the information, this means, that if one node fails, the network will find new ways to route the packets of through its dynamic routing protocol.

Also is used free software for the applications in the devices, in order to reduce costs and is offered a simple and stable web platform, user-friendly, for a fast understanding of the values collected due it is visualized through charts and graphs.

**Keywords:** Wireless sensor networks, WSN, precisión griculture, 6LoWPAN, Internet of things, IoT.